

Системи непрекидног напајања у трафостаницама

Жељко Станојевић ; Велемир Гавриловић

студенти првог циклуса студија

Електротехнички факултет

Источно Сарајево, Република Српска, БиХ

zeljkosta@hotmail.com

velemir.gavrilovic@yahoo.com

Садржај— Рад има за циљ да покаже који све потрошачи у једном електроенергетском објекту- трафостаници, захтевају непрекидно напајање и којим напонам (наизменичним или једносмерним). Такође, радом се настојало указати на основне типове СБН уређаја и делове од којих се они састоје. На крају су приказани резултати симулације рада једног СБН уређаја. Симулација је изведена у *Matlab simulink* окружењу.

Кључне речи-СБН; трафостаница; потрошачи; *Matlab*.

I. УВОД

Системи непрекидног напајања – СБН (енг. “Uninterruptible Power Supply”-UPS) намењени су за напајање посебно важне или специфичне опреме одговарајућим квалитетним једносмерним или наизменичним напонам. У пракси се срећу различити типови ових уређаја. Њихова улога је да у случају нестанка мрежног или помоћног агрегатског напајања обезбеде снабдевање потрошача из резервног извора енергије. Најпростију конфигурацију СБН-а чине исправљач, резервни извор енергије (акумулаторска батерија), статичка преклопка и инвертор. Непрекидноста напајања се постиже ослањањем на резервни извор енергије који је најчешће реализован као акумулаторска батерија. СБН уређаји се деле на статичке, обртне и хибридне. Данас су најчешће у употреби статички СБН уређаји [1].

II. ПОДЕЛА СТАТИЧКИХ СБН УРЕЂАЈА

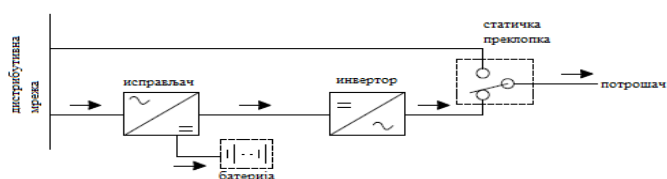
Назив статички СБН потиче од тога што се ови уређаји састоје од статичких енергетских претварача. Имају веома разноврсну примену, од персоналних рачунара и телекомуникационих система мале снаге, преко медицинских система средње снаге, до енергетских система велике снаге. Главне предности овог типа СБН уређаја су висока ефикасност, висока поузданост и мали ТНД. Проблем који је својствен овој врсти уређаја су слабе перформансе у раду са нелинеарним оптерећењима, и висока цена уколико се жели остварити висока поузданост. Статички СБН уређаји се деле на:

- Активне СБН уређаје са двоструким претварањем („On-line“ СБН),
- Резервне СБН уређаје („Off-line“ СБН) и
- Мрежно-интерактивне СБН уређаје („Line-interactive“ СБН).

Укратко ће бити описане све три врсте статичких СБН уређаја.

A. Активни СБН уређаји

Активни СБН уређаји се састоје од исправљача/пуњача, батерије, инвертора и статичке преклопке (слика 1).



Слика 1. Блок дијаграм активног СБН уређаја [4]

Реализован је тако да се потрошач напаја напонам који генерише инвертор без обзира да ли је напајање из основног или резервног извора енергије. Акумулаторска батерија се повремено, по потреби, допуњује. Статичка преклопка омогућава редундантност у случају неисправности или преоптерећења СБН уређаја. У том случају мрежни напон и напон потрошача морају бити у фази а то је могуће остварити коришћењем фазне петље за синхронизацију (енг. “phase-locked loop“ PLL) [3].

Постоје три режима рада која су везана за ову топологију: нормални режим рада, бекап (енг. „backup“) и бајпас (енг. „bypass“) режим рада. Током нормалног режима рада снага се непрестано предаје потрошачу преко исправљача/пуњача и инвертора. Тада се у ствари догађа двострука конверзија, AC/DC и DC/AC. Због тога се овај тип СБН уређаја и назива активни СБН са двоструким претварањем. Исправљач поред тога што предаје снагу потрошачу преко инвертора, такође по потреби допуњава батерију.

Када нестане мрежног напона, инвертор и батерија одржавају непрестано снабдевање потрошача снагом. Овај режим рада траје све док се батерија не испразни у потпуности или док се поново не успостави мрежни напон. По поновној успостави мрежног напона, фазна петља за синхронизацију врши изједначавање његове фазе са фазом напона потрошача и након тога се СБН уређај враћа у нормални режим рада.

СБН ради у бајпас режиму у случају његове унутрашње неисправности као што је на пример струјно преоптерећење. Овде треба напоменути да је потребно да

фреквенција напона потрошача буде иста као фреквенција мрежног напона да би се омогућила размена снаге. У неким случајевима постоји и бајпас за одржавање који се укључује ручно када се врши нека врста поправке или прегледа СБН уређаја.

Пошто је прелазак из нормалног режима рада у режим резервне енергије скоро тренутан, овакво решење је поуздано и не постоји могућност прекида у напајању код преласка са основног на резервни извор енергије. То представља уједно и главну предност овог типа СБН-а. У његове предности спадају и веома велика толеранција на варијације улазног напона и веома прецизна регулација излазног напона. Такође је могуће регулисати и мењати излазну фреквенцију. Активни СБН уређаји нуде најбољи степен заштите потрошачких уређаја, али су и најсложенији, па самим тим и најскупљи. У пракси се овај тип уређаја користи за велике системе попут електроенергетских постројења.

Главне мане овог типа СБН уређаја су мали степен корисног дејства, висок THD на улазу и мала ефикасност. Улазна струја је изобличена због исправљача. Изобличење улазне струје се елиминише додатним колом за побољшање фактора снаге („Power Factor Correction“ PFC), али то повећава и укупну цену уређаја. Ниска ефикасност је својствена овој топологији због двоструке конверзије. Пошто струја протиче и кроз исправљач и кроз инвертор током нормалног режима рада, већи су губици снаге и мања ефикасност у односу на резервне и мрежно интерактивне СБН уређаје.

В. Резервни СБН уређаји

За разлику од активног, код резервног СБН-а потрошач се напаја преко инвертора само у случају нестанка мрежног напона. У супротном се напаја директно са мреже. На слици 2 је приказан блок дијаграм резервног СБН уређаја. Могуће је користити и филтер на излазу инвертора како би се поправио квалитет излазног напона. Статичка преклопка је укључена током нормалног режима рада када је присутан мрежни напон.



Слика 2. Блок дијаграм резервног СБН уређаја [3]

Инвертор је везан паралелно потрошачу и у приправности је током нормалног режима рада. Укључује се само уколико је примарни извор изван дозвољене толеранције или га уопште нема. Током овог режима рада потрошач се напаја преко батеријског сета и инвертора све док се поново не успостави примарно напајање. У нормалном режиму рада инвертор се може користити као филтер да би се смањио садржај хармоника мрежне струје или да би се поправио фактор снаге потрошача.

Постоје два режима у којима резервни СБН ради: нормални режим рада и бекап режим. У нормалном режиму рада потрошач се напаја директно са мреже, а исправљач пуни батерију како би се обезбедила резервна енергија за случај нестанка основног извора. У бекап режиму, када нестане мрежног напона, батеријски сет преко инвертора напаја потрошаче све док се не успостави примарно напајање. Исправљач треба само да задовољи захтеве пуњења батерије, што доприноси нижој цени ових СБН уређаја.

Главне предности ове топологије су једноставан дизајн, ниска цена и мале димензије. Са друге стране недостатак праве изолације између потрошача и мреже, немогућност регулисања излазног напона, велика прекидачка времена и лоше перформансе у раду са нелинеарним оптерећењима су главне мане ове топологије.

С. Мрежно интерактивни СБН уређаји

Као што се види на слици 3 мрежно интерактивни СБН уређај се састоји од статичке преклопке, серијске пригушнице, двосмерног AC/DC претварача и акумулаторске батерије.



Слика 3. Блок дијаграм мрежно интерактивног СБН уређаја

Мрежно интерактивни СБН уређаји могу да раде или као активни СБН или као резервни СБН. Код резервног мрежно интерактивног СБН уређаја серијска пригушница и није потребна. Међутим, већина мрежно интерактивних СБН уређаја раде као активни да би се или поправио фактор снаге потрошача или регулисао излазни напон на потрошачу. Када је присутан мрежни напон, потрошач се напаја директно са мреже. Двосмерни претварач (исправљач-инвертор) има улогу пуњача батерије. Он такође може да одржава излазни напон релативно стабилним и синусоидалним или да поправи фактор снаге потрошача. Струја која се узима из мреже је углавном и струја потрошача. СБН уређај не уноси додатне хармонике у мрежу што је веома важна предност у односу на конвенционалне СБН уређаје са двоструким претварањем. Када нестане мрежног напона двосмерни претварач има улогу инвертора и снабдева потрошач енергијом из батеријског сета. Овај режим рада траје или док се батерија не испразни или док се не успостави мрежни напон.

Главне предности мрежно интерактивних СБН-ова су једноставан дизајн, већа поузданост и нижа цена у поређењу са активним СБН уређајима. Такође поседују добро потискивање хармоника улазне струје. Пошто је ово топологија са једноструким претварањем ефикасност је већа него код СБН уређаја са двоструким претварањем.

Главна мана ове топологије је непостојање праве изолације потрошача од мреже. Употребом трансформатора на излазу елиминише се овај недостатак, али то са друге стране доприноси већој цени, тежини и димензијама СБН уређаја. Такође, карактеристике излазног напона нису добре јер инвертор није спојен у серију са потрошачем. Пошто мрежа у току нормалног режима рада директно напаја потрошач, нема могућности регулисања излазне фреквенције.

III. СТАЦИОНАРНЕ АКУМУЛАТОРСКЕ БАТЕРИЈЕ

A. Увод

Акумулаторске батерије представљају најважнији део система за непрекидно напајање. Од њих зависи да ли ће непрекидност бити осигурана и колико ће трајати. Акумулаторске батерије представљају обновљиви хемијски извор електричне енергије и служе као резервни извор електричне енергије у електроенергетским постројењима. Оне су прикључене на сабирнице једносмерног помоћног напона паралелно с исправљачима који се напајају из наизменичне мреже. Док је наизменична електрична мрежа присутна, батерије су у режиму сталног надопуњавања, а једносмерне потрошаче напајају исправљачи. Кад нестане напајања из наизменичне електричне мреже, акумулаторске батерије преузимају напајање потрошача осигуравајући непрекидност напона. Акумулаторске батерије које се трајно постављају и одржавају у енергетском постројењу називају се стационарним батеријама.

За стационарне примене се данас поред класичних оловних батерија користе још и никл-кадмијумске (NiCd), никл-металхибридне (NiMH) и литијумске (Li) батерије. Укратко ће бити описане свака од наведених.

B. Оловне акумулаторске батерије

Постоје две основне изведбе оловних акумулаторских батерија за стационарне примене. Прве су отворене или класичне оловне акумулаторске батерије, а друге су затворене вентилом регулисане оловне акумулаторске батерије. Назив отворене оловне акумулаторске батерије користи се за све класичне акумулаторске батерије које је током експлоатације потребно одржавати, односно доливати воду. Затворене оловне акумулаторске батерије (енг. *Valve Regulated Lead-Acid -VRLA*) су потпуно затворене, с изузетком вентила који служи за ослобађање гасова у хаваријским условима пуњења. Док се код отворених или класичних оловних батерија губитак воде треба редовито надокнадити, код VRLA батерија то није потребно (ни могуће). Због тога се за VRLA батерије каже да су "без одржавања".

C. NiCd акумулаторске батерије

NiCd батерије користе алкале као електролит. Електролит је калијумов хидроксид KOH с малим количинама литијум- хидроксида LiOH, који му поправља карактеристике при цикличким оптерећењима и високим температурама. Стационарне NiCd акумулаторске

батерије се данас производе као "отворене" или "затворене" (вентилом регулисане). На слици 4 је представљена затворена NiCd акумулаторска батерија.



Слика 4. Затворена акумулаторска NiCd батерија [1]

Затворене вентилом регулисане NiCd акумулаторске батерије у нормалним условима рада не захтевају одржавање (досипање воде) јер електролит садржи довољну резерву воде. Употребљавају се у постројењима где се очекују посебни температурни услови. Производе се до величине од 500 Ah, а намењене су стационарним погонима. Електролит им је текући, а животни век им је, у правилу, преко 20 година. Мање су осетљиве на високе и ниске температуре, наизменичне компоненте напона пуњења исправљача, те нису подложне изненадним губицима капацитета. За смештање затворених NiCd батерија, нису потребне посебне просторије, а могу се као и затворене оловне акумулаторске батерије уградити у разводне ормаре.

D. NiMH батерије

NiMH батерије су се развиле из никл-водоникових батерија. Код њих се користи као једна од батеријских електрода металхибрид који представља у исто време и залиху водоника. Као код NiCd батерија, тако и код NiMH батерија, за електролит се користи калијумов хидроксид (KOH). Ове батерије карактерише велика специфична снага (400-1000 W/kg), велика специфична енергија (до 100 Wh/kg), могућност великог броја цикличких пражњења (око 500), не садрже отровне супстанце као NiCd батерије, занемарив меморијски ефект, итд. Недостаци су им висока цена, израженије самопражњење, мали напон отвореног круга (1,2 V, као NiCd) те краћи животни век у односу на NiCd батерије. Данас нпр., америчка фирма Cobasys за комерцијалну употребу производи стационарне NiMH батерије капацитета 85 Ah намењене првенствено за уградњу у системе једносмерних напајања -48 V, за телекомуникације.

E. Литијумске батерије

Li-ion батерије имају значајне предности у односу на NiMH батерије. Лакше су и веће специфичне енергије (до 170 Wh/kg), имају три пута већи напон отвореног круга (3,6 V), уопште нису подложне меморијском ефекту, могу поднети велики број цикличких пражњења (до 1000), имају

мало самопражњење, итд. Мане су им што за поуздан рад захтевају заштитни електронски склоп, подложне су старењу чак и онда када нису у употреби, скупе су (40% скупље од NiCd батерија), будући да им заштитни склопови ограничавају струје пуњења и пражњења нису погодне за изузетно брза пражњења и брза надопуњавања.

IV. ПРИОРИТЕТНИ ПОТРОШАЧИ У ТРАНСФОРМАТОРСКИМ СТАНИЦАМА

У електроенергетским постројењима постоје системи непрекидног напајања једносмерног и наизменичног напона. Једносмерни развод је од изузетног значаја за рад потрошача као што су прекидачи, заштита и управљачки уређаји. Он обезбеђује поуздано вођење трафостанице како у нормалном погону тако и у случају кvara у постројењу. Међутим, данас се у електроенергетским постројењима појављује све већи број телекомуникационе опреме и опреме за надзор и управљање, који за своје помоћно напајање користе наизменични напон. Код СБН-а једносмерног напона, напон батерије се директно прослеђује потрошачима, док се код СБН-а наизменичног напона, напон батерије помоћу инвертора претвара у стабилни наизменични напон који се доводи до потрошача [2].

Као што је раније речено главна улога система непрекидног напајања је да у случају нестанка мрежног или помоћног агрегатског напајања обезбеди снабдевање приоритетних потрошача из резервног извора енергије. У разводном постројењу то су следећи потрошачи:

- системи заштите и управљања,
- уређаји локалне аутоматике и надзора,
- системи телекомуникација,
- систем мерења,
- калемови за укључење и искључење прекидача,
- помоћно (нужно) осветљење,
- регулационе склопке трансформатора,
- даљинске станице,
- електромоторни погони [5]

Систем сигурносног напајања у ТС служи за заштиту постројења од кварова и хаварија независно од мрежног напајања, а сачињавају га независни извори електричне енергије и припадајућа опрема:

- стационарна акумулаторска батерија - развод једносмерног напона 110 V
- аутоматски регулисани исправљач, и
- систем непрекидног напајања комуникационе опреме и станичног рачунара

Развод једносмерног напона 110 V у ТС врши се из стационарне акубатије која се напаја преко регулисаног исправљача са којим је у непрекидној вези, а служи за напајање: заштитних уређаја, електромоторних погона прекидача, калемова за искључење и укључење расклопних апарата, уређаја локалне аутоматике и надзора, DC/DC претварача и помоћног (нужног) осветљења у ТС. Капацитет акубатије одређује се према величини и значају објекта, тако да се обезбеди напајање једносмерног

развода у трајању од 6 часова, и износи 80 Ah за TC 35/10 kV и најмање 160 Ah за TC 110/X kV.

Аутоматски регулисани исправљач-пуњач ради паралелно са акубатијом, при чему се режим рада бира тако да се акубатија стално одржава у напуњеном стању. Највећа вредност назначене струје исправљача је 20 A у TC 35/10 kV и 50 A у TC 110/X kV.

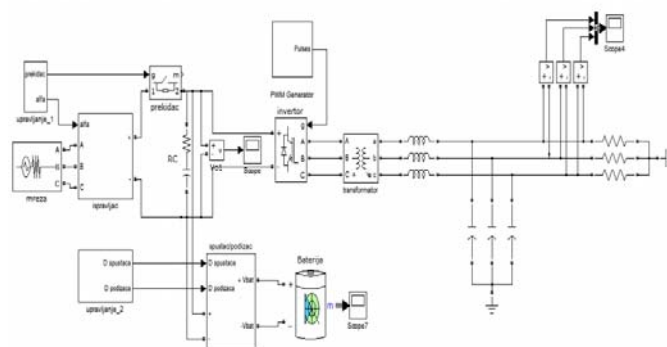
Систем непрекидног напајања, који обухвата напајање комуникационе опреме и станичног рачунара, реализује се према захтевима испоручиоца те опреме.

У TC 110/X kV треба, поред основне опреме сигурносног напајања, предвидети и резервни извор једносмерног напона. Као резервни извор једносмерног напона користи се кондензаторски исклопни уређај, а код ТС инсталисане снаге 2×40 MVA може да се користи друга акубатија истог капацитета као и главна батерија.

V. СИМУЛАЦИЈА РАДА АКТИВНОГ СБН УРЕЂАЈА У MATLAB SIMULINK ОКРУЖЕЊУ

A. Шема повезивања и опис симулације

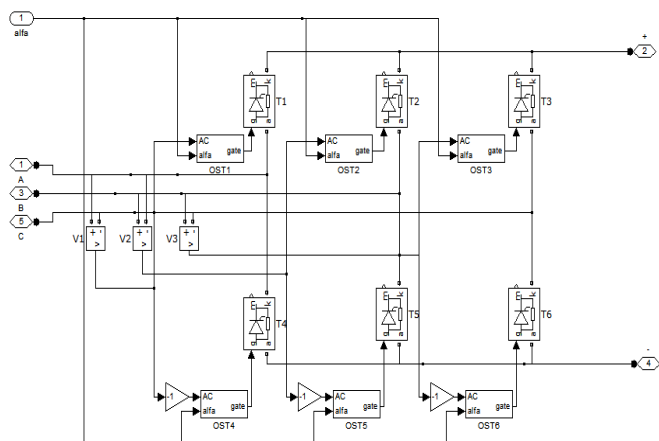
Као што је раније наведено главни делови активног СБН-а су исправљач, акумулаторска батерија, инвертор и статичка преклопка, и он може да ради у три режима: нормални режим рада, бекап режим и бајпас режим. Циљ симулације је да покаже таласне облике који су карактеристични за нормални режим рада, бекап и прелазни режим. У симулацији је коришћена шема која је приказана на слици 5.



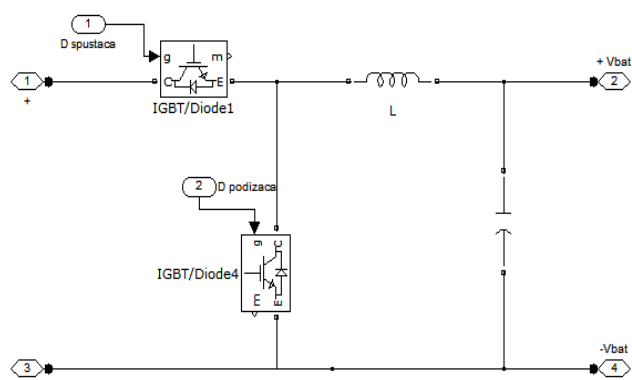
Слика 5. Шема повезивања елемената коришћена у симулацији

Дистрибутивна мрежа је представљена трофазним извором чија ефективна вредност линијског напона износи 380 V. Иза мреже се налази подсистем који у себи садржи трофазни мосни пуноуправљиви исправљач који је приказан на слици 6. Прекидач је коришћен у симулацији како би се остварио прекид примарног напајања односно нестанак мрежног напона. Кондензатор на излазу исправљача има задатак да стабилише једносмерни напон који се даље шаље инвертору. Инвертор се састоји од шест IGBT прекидача са интегрисаним антипаралелним диодама и управљан је прецизном ШИМ модулацијом. Раставни трансформатор је спреге DY и кроз његов примар се затварају виши хармоници. LC филтер додатно елиминише нежељене хармонике а све у сврху

обезбеђивања квалитетног излазног напона који се прослеђује потрошачу. Напон са излаза исправљача се у нормалном режиму рада прослеђује и двосмерном DC/DC претварачу (слика 7) који је приказан као подсистем са четири улаза и два излаза. У том случају он ради као спуштач напона и прилагођава високи једносмерни напон са излаза исправљача (400 V) напону пуњења батерије. У бекап режиму пак, он ради као подизач напона и напон батерије подиже како би инвертор исправно функционисао. Батерија је Ni-Cd номиналног напона 110 V.



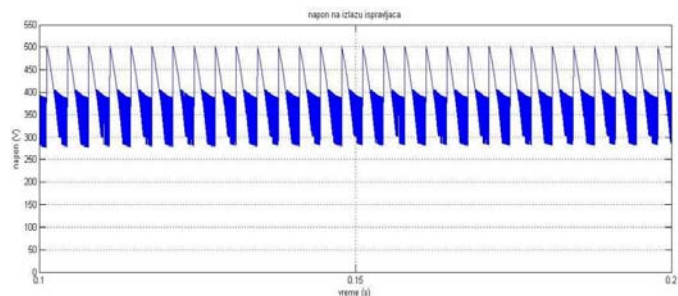
Слика 6. Трофазни мосни пуноуправљиви исправљач



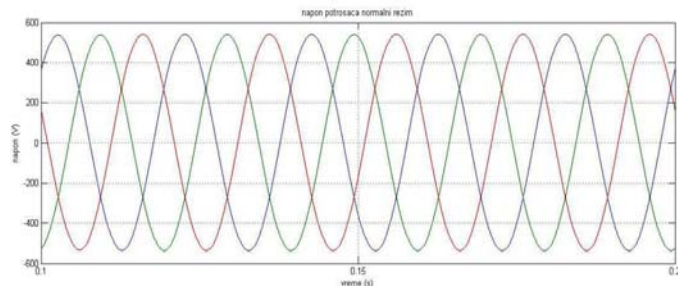
Слика 7. Двосмерни DC/DC претварач (спуштач/подизач)

В. Таласни облици у нормалном режиму рада

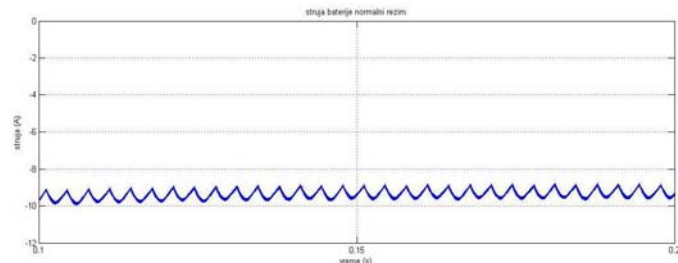
У нормалном режиму рада када је присутан мрежни напон, напонам са исправљача се напајају како инвертор тако и пуњач батерије. На наредним сликама су приказани напон на излазу исправљача, напон на потрошачу и струја батерије.



Слика 8. Једносмерни напон на излазу исправљача



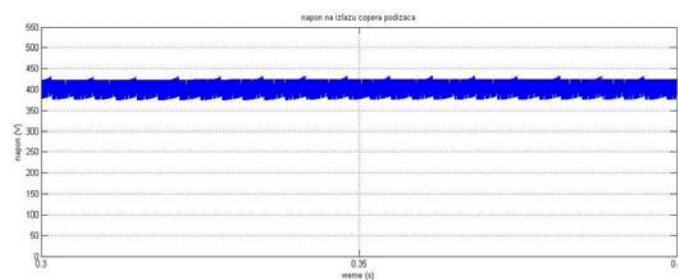
Слика 9. Линејски напони на потрошачу у нормалном режиму рада



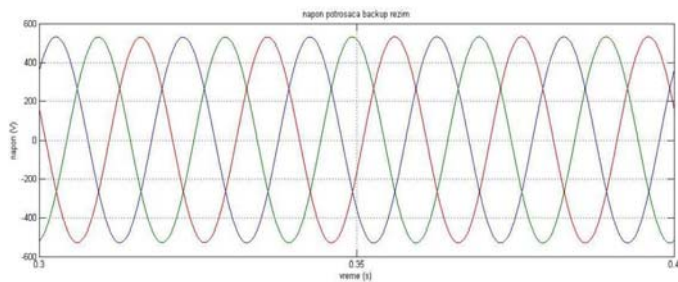
Слика 10. Струја батерије у нормалном режиму рада

С. Таласни облици у бекап режиму рада

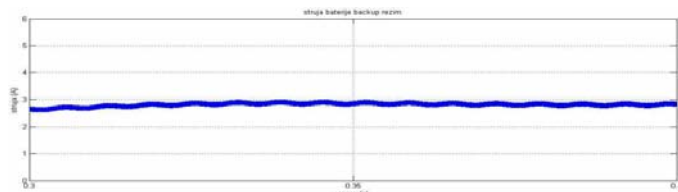
У бекап режиму потрошач се напаја из резервног извора енергије тј батерије. DC/DC претварач сада ради као подизач и са његовог излаза се напаја инвертор. На следећим сликама су приказани напон на излазу подизача, напон на потрошачу и струја батерије.



Слика 11. Једносмерни напон на излазу подизача



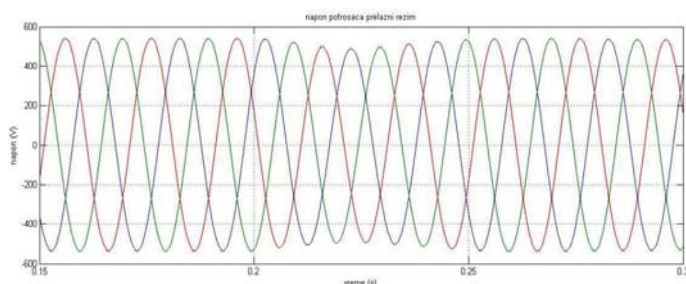
Слика 12. Линејски напони на потрошачу у бекап режиму рада



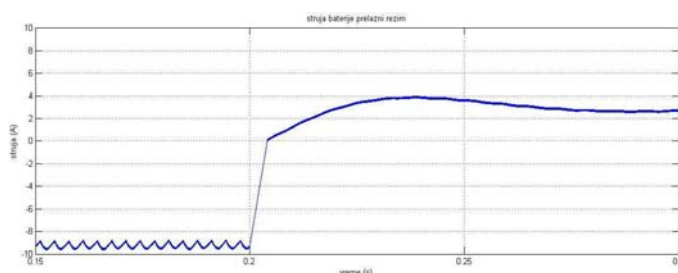
Слика 13. Струја батерије у бекап режиму рада

D. Таласни облици у прелазном режиму

У тренутку нестанка мрежног напона батерија је та која почиње да напаја потрошач и њена струја је тада позитивна. У нормалном режиму рада је њена струја негативна јер се она тада пуни. Последица преласка са једног на други извор је благо опадање напона на потрошачу. Са успостављањем новог стационарног стања напон потрошача се враћа на своју стандардну вредност као и пре нестанка мрежног напона. На следеће две слике су дати таласни облици напона на потрошачу и струје батерије у току прелазног режима.



Слика 14. Линејски напони на потрошачу у току прелазног режима



Слика 15. Струја батерије у току прелазног режима

VI. ЗАКЉУЧАК

У овом раду је описано функционисање појединих типова СБН уређаја, анализирана је могућност њихове примене у разним областима и дошло се до закључка да је за електроенергетске објекте најподеснији за коришћење активни СБН. Разлози за то су готово тренутан прелазак са основног на резервни извор енергије, самим тим и висока поузданост, а поред тога активни СБН нуди и највиши степен заштите потрошачких уређаја што је од посебног значаја када је опрема трафостанице у питању.

У оквиру рада је урађена и симулација рада активног СБН-а којом се хтело показати какви су карактеристични таласни облици у разним режимима рада, као и у току прелазног процеса при преласку са основног на резервни извор напајања.

ЗАХВАЛНИЦА

Истраживања у овом раду су рађена у склопу израде семинарског рада из предмета Енергетска Електроника II на првом циклусу академских студија на Електротехничком факултету Универзитета у Источном Сарајеву, под менторством доц.др Миломира Шоје и уз помоћ асистента Марка Икића.

VII. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Јавор Шкаре, „Акумулаторске батерије за системе непрекидног напајања“, Кончар-Инџ, Загреб, 2002.
- [2] М. Лазић, Д. Петровић, Г. Стојановић, „Упоредна анализа различитих решења уређаја за непрекидно напајање“, ИНДЕЛ, Бања Лука, новембар 2010.
- [3] Ali Emadi, Abdolhosein Nasiri, Stoyan B. Bekiarov, „Uninterruptible power supplies and active filters“, CRC press, Chicago, 2005.
- [4] Дамир Мишћенић, „Анализа система непрекидног напајања у електроенергетским системима“, ХЕП-Оператор преносног система д.о.о., Опатија, 2008.
- [5] М. Танасковић, Т. Бојковић, Д. Перић, „Дистрибуција електричне енергије“, Академска мисао, Београд, март 2007.

ABSTRACT

Paper describes witch consumers in one power substation require uninterruptible suply, and what voltage they used (AC or DC). In addition paper shows the main types of static UPS devices, and parts witch constitute them. At the end it was analysed the work principles of one "on-line" UPS device, and results of simulation was also shown. The simulation was realized in Matlab Simulink environment .

UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLIES IN POWER SUBSTATIONS

Zeljko Stanojevic ; Velemir Gavrilovic